

(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENT- UND  
MARKENAMT

(12) Offenlegungsschrift

(10) DE 198 20 014 A 1

(51) Int. Cl. 6:  
**G 01 B 7/30**  
G 01 D 5/20  
H 03 M 1/22

(21) Aktenzeichen: 198 20 014.5  
(22) Anmeldetag: 6. 5. 98  
(43) Offenlegungstag: 11. 11. 99

(71) Anmelder:

Dr. Johannes Heidenhain GmbH, 83301 Traunreut,  
DE

(72) Erfinder:

Bielski, Steffen, Dipl.-Ing. (FH), 84518 Garching, DE  
Feichtinger, Kurt, 83349 Palling, DE; Spies, Alfons,  
Dipl.-Ing., 83358 Seebrück, DE; Strasser, Erich,  
Dipl.-Ing. (FH), 83308 Trostberg, DE; Mitterreiter,  
Johann, Dipl.-Ing. (FH), 83339 Chieming, DE; Meyer  
Hermann, Dipl.-Ing. (FH), 83458 Schneizlreuth, DE  
Schroter, Andreas, Dr.-Ing., 83278 Traunstein, DE

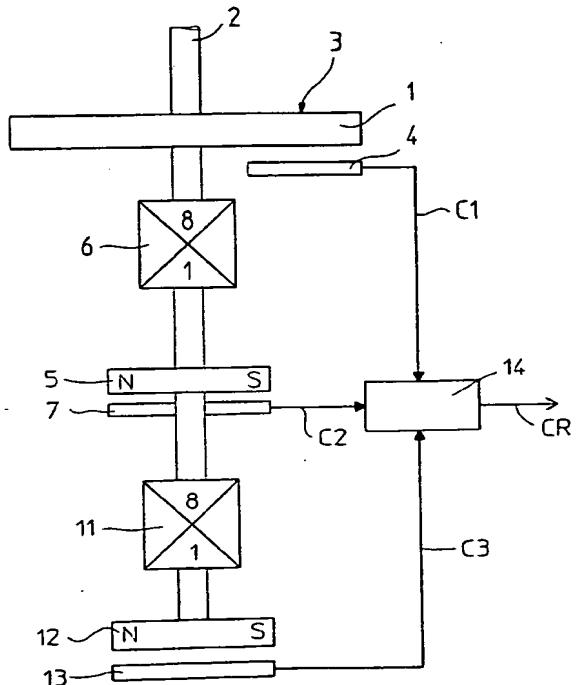
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betrach-  
zu ziehende Druckschriften:

DE 42 20 502 C1  
DE 195 15 940 A1  
DE 44 36 496 A1  
DE 44 09 892 A1  
DE 92 01 404 U1  
EP 07 14 171 A2  
EP 05 50 794 A2  
EP 02 27 333 A2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Multiturn-Codedrehgeber

(57) Bei einem Multiturn-Codedrehgeber sind die Codeträger (5, 12) zur Erfassung der Umdrehungen einer Ein-  
gangswelle (2) unteretzt angetrieben. Die Codeträger (5,  
12) weisen jeweils nur einen Nord- und Südpol auf und je-  
der Codeträger (5, 12) wird von mehreren magnetfeld-  
empfindlichen Sensorelementen (8, 9) abgetastet. Die  
Sensorelemente (8, 9) sind in einem gemeinsamen Halb-  
leitersubstrat (7) integriert (Figur 1).



DE 198 20 014 A 1

## Beschreibung

In vielen Fällen ist es erforderlich, die Position einer Welle innerhalb einer Umdrehung sowie die Anzahl der Umdrehungen absolut zu erfassen. Zu diesem Zweck werden Multiturn-Codedrehgeber eingesetzt, wie beispielsweise in der EP 0 715 151 B1 und der DE 42 20 502 C1 beschrieben.

Der Multiturn-Codedrehgeber gemäß der EP 0 715 151 B1 ist im HEIDENHAIN-Firmenprospekt: Code-Drehgeber, April 1997 auf Seite 9 beschrieben. Zur Erfassung und Unterscheidung einer Vielzahl von Umdrehungen einer Welle sind mehrere Codescheiben über ein Getriebe miteinander verbunden. Jede Codescheibe besteht aus mehreren Codespuren mit abwechselnd angeordneten Nord- und Südpolen. Die Codespuren sind unterschiedlich geteilt, so besitzt die grösste jeweils nur einen Nord- und Südpol, die nächstfeinere Spur jeweils zwei Nord- und Südpole und die feinste Spur jeweils acht Nord- und Südpole. Die Codespuren werden von Hall-Sensoren abgetastet. Durch Kombination der Abtastsignale aller Hall-Sensoren wird ein absolutes mehrstelliges Codewort gebildet, das die absolute Winkelstellung der Codescheibe angibt.

Nachteilig bei diesem Multiturn-Codedrehgeber ist, daß eine Codescheibe mit mehreren Codespuren verwendet werden muß, um ein mehrstelliges Codewort zu erzeugen.

Bei dem Multiturn-Codedrehgeber gemäß der DE 42 20 502 C1 sind ebenfalls mehrere Codescheiben jeweils über ein Untersteuerungsgetriebe miteinander verbunden. Jede Codescheibe besteht aus einer Magnettrommel mit einem einzigen Nord- und Südpol. Am Umfang der Magnettrommel sind zwei um  $90^\circ$  gegeneinander versetzt angeordnete Hall-Sensoren vorgesehen. Das Magnetfeld der Magnettrommel, welches die Hall-Sensoren durchdringt ist radial ausgerichtet. Bei einer Umdrehung der Magnettrommel wird ein analoges sin- und cos-Signal erzeugt. Die analogen sin- und cos-Signale aller Codescheiben werden einer Auswerteeinheit zugeführt, welche das mehrstellige Codewort bildet, das wiederum die absolute Winkelstellung der Codescheibe über mehrere Umdrehungen anzeigen.

Nachteilig dabei ist, daß die Hall-Sensoren einzeln auf einer Platine montiert werden müssen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Multiturn-Codedrehgeber zu schaffen, der einfach aufgebaut ist und kostengünstig herstellbar ist.

Diese Aufgabe wird von einer Anordnung mit den Merkmalen des Patentanspruches 1 gelöst.

Die Vorteile der Erfindung bestehen darin, daß alle Sensorelemente zur Abtastung eines oder mehrerer Codeträger in einem Chip integriert sind und somit hochgenau zueinander ausgerichtet sind und gleiche Charakteristiken aufweisen.

Vorteilhafte Ausführungen sind in den abhängigen Patentansprüchen angegeben.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Figuren 55 dargestellt. Es zeigen

Fig. 1 das Prinzip eines Multiturn-Codedrehgebers,

Fig. 2 ein erstes Beispiel eines drehbaren Codeträgers mit einer Abtasteinrichtung,

Fig. 3 ein zweites Beispiel eines drehbaren Codeträgers mit einer Abtasteinrichtung,

Fig. 4 ein drittes Beispiel eines drehbaren Codeträgers mit einer Abtasteinrichtung,

Fig. 5 ein vierter Beispiel eines drehbaren Codeträgers mit einer Abtasteinrichtung,

Fig. 6 eine gemeinsame Abtasteinrichtung für mehrere Codeträger,

Fig. 7 einen Codeträger, der relativ zu einer Abtastein-

richtung verdrehbar sowie verschiebbar ist und

Fig. 8 den Codeträger gemäß Fig. 7 in einer weiteren Position.

In Fig. 1 ist das Prinzip eines Multiturn-Codedrehgebers dargestellt. Er besteht aus einem Singleturn-Teil und einem Multiturn-Teil. Der Singleturn-Teil wird von einer Codescheibe 1 gebildet, die direkt mit der zu messenden Eingangswelle 2 gekoppelt ist. Die Codescheibe 1 trägt eine lichtelektrisch, magnetisch, kapazitiv oder induktiv abtastbare Codierung 3, um eine Umdrehung der Eingangswelle 2 in eine Vielzahl von unterscheidbaren Sektoren aufzuteilen. Diese Codierung 3 ist in der Regel ein mehrspuriger Gray-Code, sie kann aber auch durch einen einspurigen Kettencode gebildet werden. Die Codierung 3 wird von einer Abtasteinrichtung 4 abgetastet, so daß am Ausgang des Singleturn-Teils ein mehrstelliges Codewort C1 ansteht, das die Absolutposition der Eingangswelle 2 innerhalb einer einzigen Umdrehung angibt.

Zur Erfassung der Umdrehungszahlen der Eingangswelle 20 ist der Multiturn-Teil vorgesehen. Er besteht aus zumindest einem Codeträger 5, welcher über ein Untersteuerungsgetriebe 6 mit der Eingangswelle 2 gekoppelt ist. Im dargestellten Beispiel ist eine 8-fache Untersteuerung gewählt.

Der Codeträger 5 weist einen einzigen Dipol, also einen Nord- und einen Südpol auf. Die Pole werden von einer Abtasteinrichtung 7 abgetastet. Sie besteht aus einem Halbleitersubstrat, in dem mehrere magnetfeldempfindliche Sensorelemente 8, 9 integriert sind. Dieses Halbleitersubstrat 7 ist in Fig. 2 vergrößert dargestellt. Im einfachsten Beispiel sind zwei Sensorelemente 8, 9 als Hall-Sensoren integriert. Die empfindlichen Sensorflächen stehen im Beispiel senkrecht zur Substratoberfläche und sind gegenseitig um einen Winkel  $\alpha$  verdreht angeordnet. Die Hall-Sensoren 8, 9 sind beispielsweise in der durch den Doppelpfeil gezeichneten Richtung maximal empfindlich, für Magnetfelder parallel zu ihrer gezeichneten längeren Seite dagegen unempfindlich. Dadurch, daß der Magnet 5 um die Drehachse D gedreht wird, wird ein sich drehendes Magnetfeld erzeugt, dessen Feldlinien im Bereich der Hall-Sensoren 8, 9 parallel zur Substratoberfläche liegen, aber seine Richtung in dieser Fläche drehwinkelabhängig verändert. Jeder der Hall-Sensoren 8, 9 liefert somit pro Umdrehung des Magneten 5 ein analoges sinusförmiges Abtastsignal. Wenn der Winkel  $\alpha = 90^\circ$  beträgt, sind die Abtastsignale um  $90^\circ$  gegeneinander phasenverschoben und es lassen sich daraus durch bekannte Interpolationsverfahren eine Vielzahl von absoluten Positionen innerhalb einer Umdrehung des Magneten 5 unterscheiden. Die hierzu erforderliche Auswerteschaltung 10 ist ebenfalls im Substrat 7 integriert. Die Auswerteschaltung 10 verknüpft die analogen Abtastsignale der Hall-Sensoren 8, 9 derart, daß am Ausgang parallel mehrere digitale Signale unterschiedlicher Perioden anstehen, die beispielsweise einen Gray-Code bilden oder daß am Ausgang bereits direkt ein mehrstelliges digitales Codewort C2 seriell ansteht.

Die Anordnung der Hall-Sensoren 8, 9 kann aber auch gemäß Fig. 3 gewählt werden. Die empfindliche Fläche der Hall-Sensoren 8, 9 liegt parallel zur Oberfläche des Substrats 7 und das wirksame Magnetfeld des Magneten 5 steht senkrecht auf der Substratoberfläche. Diese Anordnung hat den Vorteil, daß die Hall-Sensoren 8, 9 am äußersten Umfang des Substrats 7 angeordnet werden können, woraus eine hohe Winkelauflösung resultiert. Der Raum im Zentrum des Substrats 7 kann für die Auswerteschaltung 10 optimal genutzt werden.

Wie in Fig. 1 dargestellt, ist es besonders vorteilhaft, wenn dem Codeträger 5 ein weiteres Untersteuerungsgetriebe 11 nachgeschaltet ist, mit dem ein weiterer Codeträger 12 untersteuert angetrieben wird. Besonders vorteilhaft ist es,

wenn alle Codeträger 5, 12 des Multiturn-Teils gleichartig gestaltet sind. Dadurch können auch die korrespondierenden Abtasteinrichtungen 7, 13 gleichartig ausgebildet sein, was die Lagerhaltung vereinfacht und den Einkaufspreis des Substrats 7, 13 erheblich reduziert.

Die jeweils in den einzelnen Abtasteinrichtungen 4, 7, 13 gebildeten mehrstelligen Codewörter C1, C2, C3 oder die jeweils gebildeten digitalen Signale unterschiedlicher Perioden werden einer Kombinationslogik 14 zugeführt, welche ein resultierendes mehrstelliges Codewort CR bildet und an eine Folgeelektronik weitergibt.

Anstelle von nur zwei Sensorelementen 8, 9 kann auch in vorteilhafter Weise eine Vielzahl von Sensorelementen 80 bis 95 im Halbleitersubstrat 74 integriert sein, die jeweils einen Winkel  $\alpha$  kleiner als  $90^\circ$  zueinander einschließen. Ein Beispiel hierzu ist in Fig. 4 dargestellt. Das Halbleitersubstrat ist hier mit 74 bezeichnet und die Sensorelemente in Form von Hall-Sensoren mit 80 bis 95. Der Codeträger 54 ist wiederum als Dipol mit einem einzigen Nord- und Südpol ausgebildet. Zum Ausgleich von Exzentrizitäten bei der Drehung des Codeträgers 54 um die Drehachse D sind die Sensorelemente 80 bis 95 symmetrisch zur Drehachse D angeordnet. Abtastsignale jeweils gegenüberliegender Sensorelemente 80, 88; 81, 89 usw. werden zur Bildung eines gemeinsamen Abtastsignals miteinander kombiniert ausgewertet.

Die zur Auswertung erforderlichen Schaltungselemente sind wiederum im Substrat 74 integriert. Werden Hall-Sensoren als Sensorelemente 80 bis 95 eingesetzt, so kann jedem Hall-Sensor 80 bis 95 eine eigene Triggerschaltung auf dem Substrat 74 zugeordnet sein. Ein derartiger Hall-Sensor 80 bis 95 wird dann als digitaler Hall-Sensor bezeichnet, da er direkt ein digitales Signal abgibt. Die analogen oder digitalen Signale der Sensorelemente 80 bis 95 werden einer Auswerteschaltung 10 des Substrats 74 zugeführt, so daß wiederum am Ausgang ein mehrstelliges Codewort C2 seriell oder mehrere digitale Signale unterschiedlicher Perioden parallel anstehen, die beispielsweise einen Gray-Code bilden.

Beim Beispiel gemäß Fig. 4 ist der Magnet 54 ein scheiben- oder trommelförmiger Körper. Die Hall-Sensoren 80 bis 95 sind am Außenumfang räumlich verteilt angeordnet, so daß ihre empfindlichen Flächen parallel zur Oberfläche des Substrats 74 ausgerichtet sind und sie von einem Magnetfeld des Magneten 54 beeinflußt werden, das senkrecht zur Substratoberfläche ausgerichtet ist. Der Einfluß des Magnetfeldes auf die einzelnen Sensorelemente 80 bis 95 ist abhängig von der augenblicklichen Drehstellung des Magneten 54. Die in der Substratoberfläche – welche beispielsweise von den Sensorelementen 80 bis 95 umschlossen wird – angeordnete Auswerteeinheit 10 bildet aus der Magnetfeldverteilung die absolute Position. Hierzu ist ein Speicher vorgesehen, in dem die Zuordnung von Sensorelement 80 bis 95 zum Winkelwert abgespeichert ist. Wird beispielsweise festgestellt, daß die Sensorelemente 81, 82 im Bereich des maximalen Magnetfeldes liegen, wird ein Winkelwert von  $20^\circ$  ausgegeben. Zur Bestimmung des Ortes des momentan maximalen Magnetfeldes kann auch zwischen zwei Sensorelementen interpoliert werden. Bei der Auswertung der momentanen Magnetfeldlage können die Sensorelemente 81, 82 ermittelt werden, welche maximale Signale abgeben oder es kann auch eine Position ermittelt werden, an der ein Übergang von maximalen zu minimalen Signalen vorhanden ist, im Beispiel wären dies die Sensorelemente 93, 94.

In Fig. 5 ist eine weitere Variante dargestellt. Im Unterschied zu Fig. 4 sind die Sensorelemente 80 bis 95 unterhalb des Magneten angeordnet. Das wirksame Magnetfeld liegt

im Bereich der Trennlinie von Nord- und Südpol.

Die Sensorelemente 8, 9 mehrerer Abtasteinrichtungen 7, 13 des Multiturn-Teils können auch in einem gemeinsamer Substrat 713 integriert sein. Beispiele hierzu sind in den Fig. 5 bis 8 dargestellt.

Die Codeträger 5, 12, die gemäß Fig. 1 jeweils über ein Untersetzungsgetriebe 6, 11 angetrieben werden, liegen gemäß Fig. 6 in einer gemeinsamen Ebene. Die Abtasteinrichtungen 7 und 13 sind in einem gemeinsamen Substrat 713 integriert. Hierzu ist im Substrat 713 ein zweidimensionale Sensorarray aus magnetfeldempfindlichen Sensorelementen 8, 9 ausgebildet. Im Beispiel besteht das Array aus vier Zeilen und acht Spalten von Einzelementen. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind nur zwei der Elemente 8, 9 mit einer Bezugszeichen versehen. Die absolute Drehstellung jede Magneten 5, 12 kann wie zu Fig. 2 bis 5 beschrieben bestimmt werden.

Alternativ dazu besteht die Möglichkeit, die absolute Position aus der augenblicklichen Magnetfeldverteilung beider Codeträger 5, 12 auf dem Sensorarray 713 durch logisch Auswertung gemeinsam zu bestimmen.

Die unterseitige Bewegungsübertragung zwischen den beiden Codeträgern 5, 12 ist nicht auf eine rotatorische Bewegung beschränkt.

Die in Fig. 1 dargestellten Untersetzungsgetriebe 6, 11 können auch als gemeinsames Untersetzungsgetriebe zusammengefaßt werden, so daß der Codeträger 5 nicht nur eine Drehbewegung um eine Drehachse D, sondern eine weitere der Drehbewegung überlagerte Verschiebungs- 30 bewegung oder weitere Drehbewegung relativ zum Sensorarray 713 ausführt. Dieses Beispiel ist schematisch in Fig. 7 ur Fig. 8 dargestellt. Nach einer Umdrehung des Codeträgers verschiebt sich der Codeträger 5 von der in Fig. 7 dargestellten Position in die in Fig. 8 dargestellte Position. Die überlagerte Bewegung simuliert das zweite Untersetzungsgetriebe 11, sie kann linear, rotatorisch oder spiralförmig sei. Die überlagerte Bewegung kann kontinuierlich erfolgen oder schrittweise.

Bei den Beispielen gemäß der Fig. 4 bis 8 wird die Codierung von der räumlichen Verteilung der Sensorelemente gebildet. Die örtliche Verteilung der Sensorelemente definiert die Lageinformation des Magnetkörpers. Jedem Sensorelement ist hierbei eine Adresse zugeordnet, welche die Lageinformation des Sensorelementes gegenüber den weiteren Sensorelementen und somit die örtliche Verteilung auf dem Halbleitersubstrat definiert. Im Halbleitersubstrat 7, 8, 7 können auch Schnittstellenkomponenten und Ausgangsregister integriert sein.

Die Zeichnungen sind Prinzipdarstellungen und nicht maßstäblich ausgeführt. Die Fläche eines Sensorelementes beträgt tatsächlich etwa 0,2 mal 0,4 mm.

Anstelle von Hall-Sensoren können auch andere magnetfeldempfindliche Sensorelemente, wie beispielsweise magnetoresistive Elemente oder Fluxgates eingesetzt werden.

#### Patentansprüche

1. Multiturn-Codedrehgeber mit
  - einem ersten Codeträger (1), der mit einer Eingangswelle (2) verbunden ist und zur Erzeugung der absoluten Position innerhalb einer Umdrehung von einer Abtasteinrichtung (4) abgetragen wird,
  - zumindest einem weiteren Codeträger (5, 12), zur Messung der Anzahl der Umdrehungen. Eingangswelle (2), wobei zwischen dem ersten Codeträger (1) und dem weiteren Codeträger (12) ein Untersetzungsgetriebe (6, 11) angeordnet ist.

ist, und

- der weitere Codeträger (5, 12) ein Magnetkörper mit nur einem einzigen Nord- und Südpol ist und
- diesem Magnetkörper (5, 12) eine Abtasteinrichtung (7, 13) mit mehreren magnetfeldempfindlichen Sensorelementen (8, 9) zugeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß
- diese Sensorelemente (8, 9) in einem gemeinsamen Halbleitersubstrat (7, 13) integriert sind.

5

10

2. Multiturn-Codedrehgeber nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Halbleitersubstrat (7, 13) eine Auswerteschaltung (10) integriert ist, der Abtastsignale der Sensorelemente (8, 9) zugeführt werden, und daß die Auswerteschaltung (10) die Abtastsignale derart kombiniert, daß am Ausgang ein digitales Codewort (C2, C3) mit mehreren Bits ansteht.

15

3. Multiturn-Codedrehgeber nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensorelemente Hall-Elemente (8, 9, 80 bis 95) sind und eine Array-Anordnung mit n Sensorelementen bilden, mit n größer oder gleich vier.

20

4. Multiturn-Codedrehgeber nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere weitere Codeträger (5, 12) vorgesehen sind, und daß jeder Codeträger (5, 12) ein Magnetkörper mit einem einzigen Nord- und Südpol ist, und daß die Sensorelemente (8, 9) zur Abtastung mehrerer Codeträger (5, 12) in einem gemeinsamen Halbleitersubstrat (713) integriert sind.

25

5. Multiturn-Codedrehgeber nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Unterstellungsgetriebe zwischen der Eingangswelle (2) und dem weiteren Codeträger (5) eine Verdrehung des Codeträgers (5) sowie eine der Verdrehung überlagerte Verschiebung verursacht, und daß die Sensorelemente (8, 9) zweidimensional in Verdrehrichtung sowie Verschieberichtung nebeneinander in einem Halbleitersubstrat (713) integriert sind.

30

35

40

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

45

50

55

60

65

FIG. 1

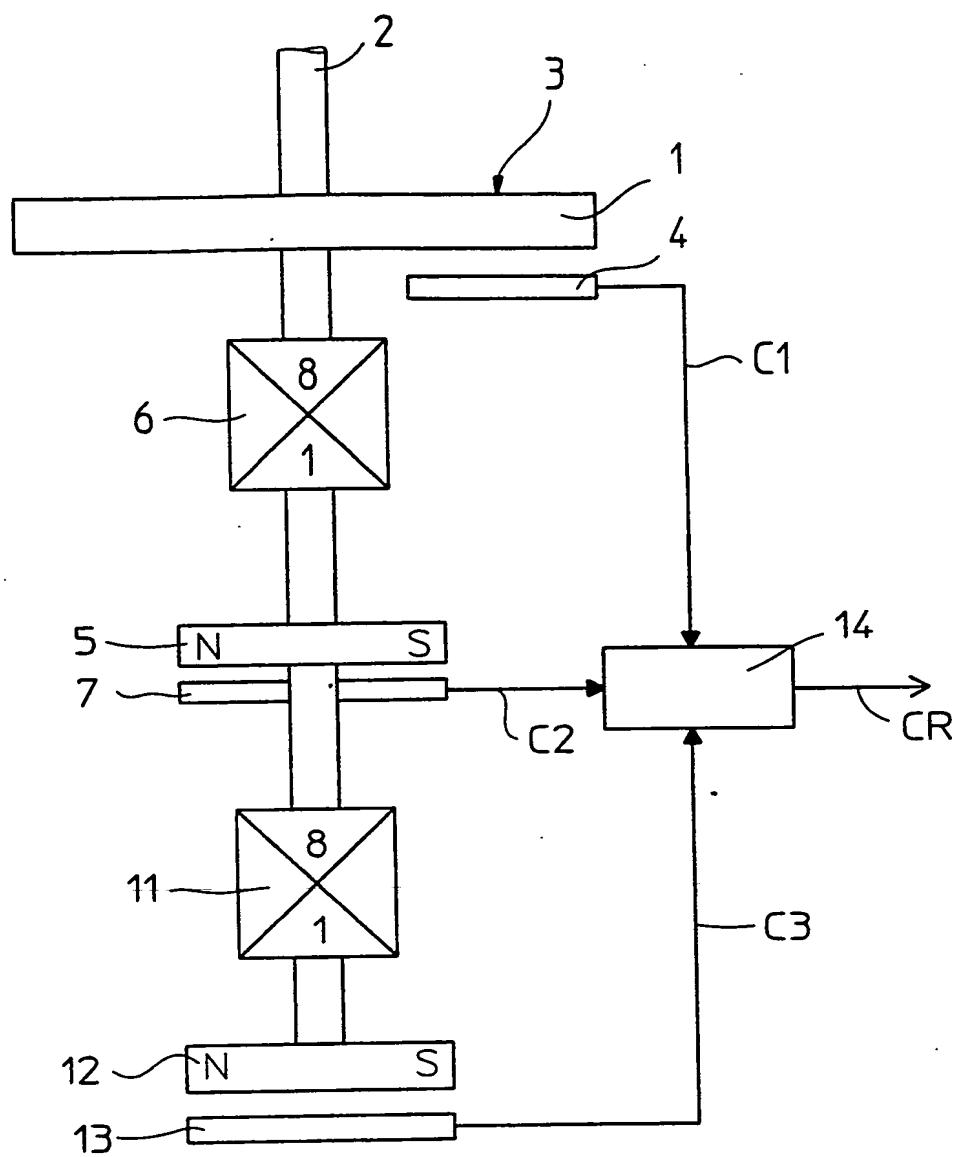


FIG. 2

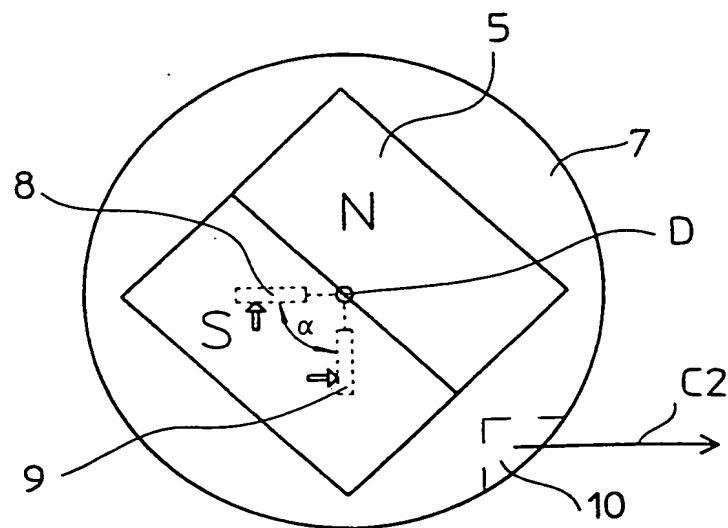


FIG. 3

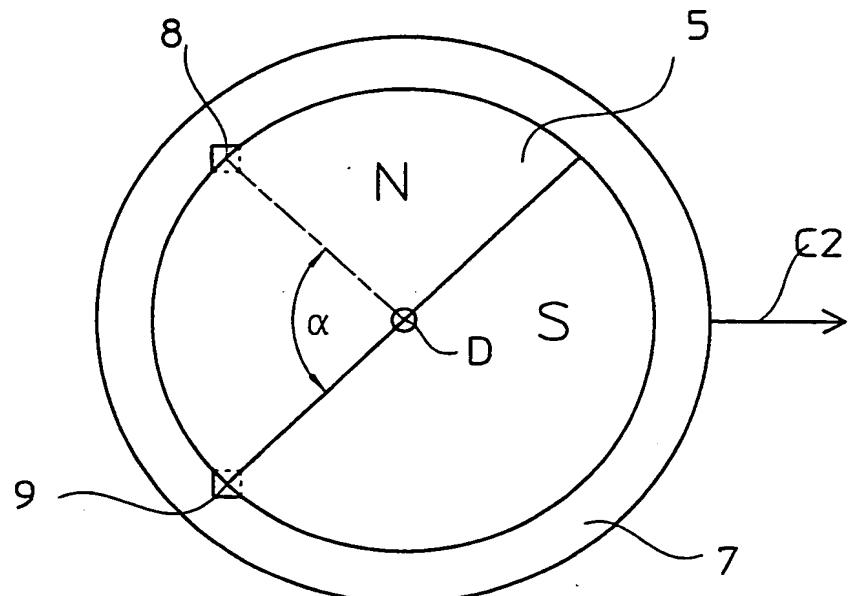


FIG. 4

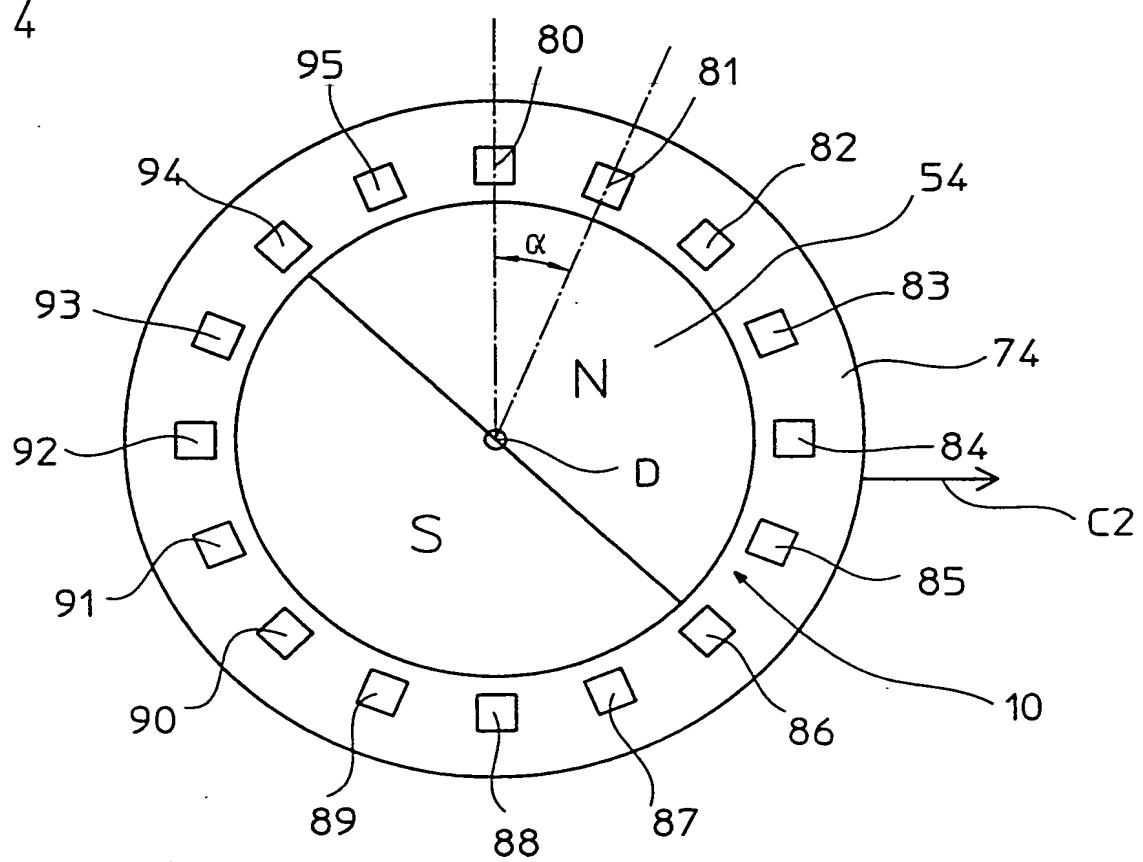


FIG. 5

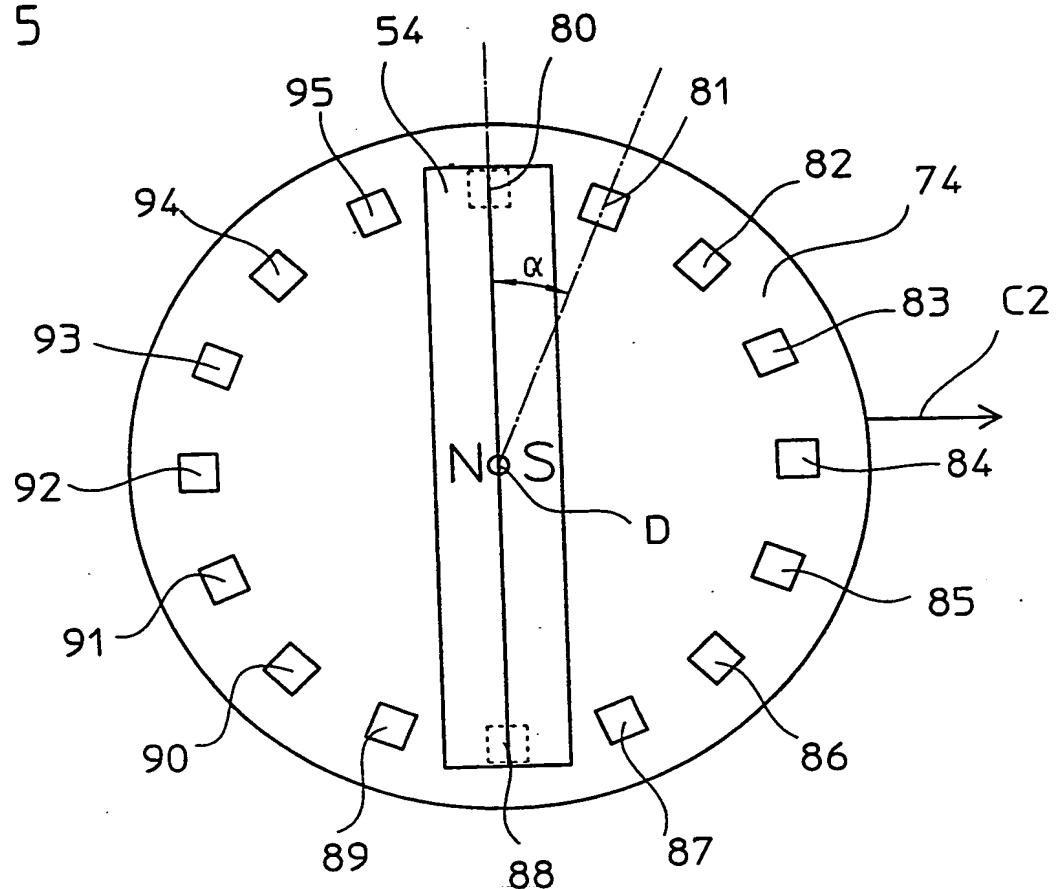


FIG. 6

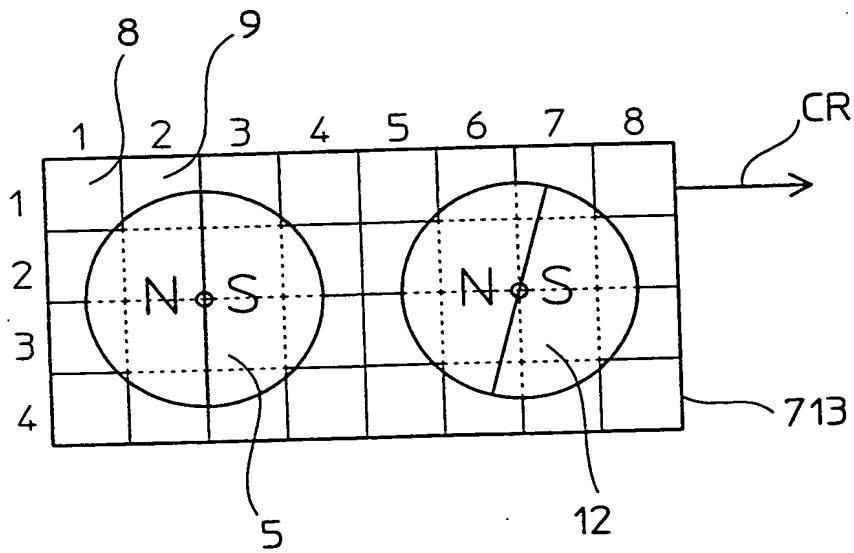


FIG. 7

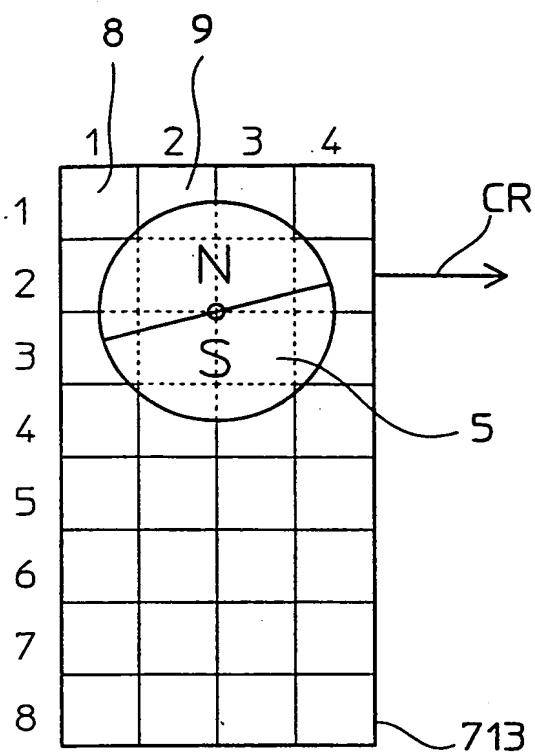


FIG. 8

